



TITLE:

# 薄鋼板のプレス成形品の表面品位向上に関する研究( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

久保, 雅寛

---

CITATION:

久保, 雅寛. 薄鋼板のプレス成形品の表面品位向上に関する研究. 京都大学, 2018, 博士(エネルギー科学)

ISSUE DATE:

2018-09-25

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21387>

RIGHT:

許諾条件により本文は2019-09-01に公開; ・第2, 3, 4, 5, 6章は日本鉄鋼協会に著作権があり(論文誌発行済み), 『権利表示・出所の明示』が必要である.

( 続紙 1 )

京都大学	博士（エネルギー科学）	氏名	久保 雅寛
論文題目	薄鋼板のプレス成形品の表面品位向上に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>低燃費化と安全対策のために自動車部品の高強度・薄肉化が進んでいるが、自動車の外板パネル部品のさらなる軽量化のためには、高強度化と同時にプレス成形後の表面品位の向上をも両立させる必要がある。本論文は、薄鋼板のプレス成形後の表面品位に及ぼす材料組織の影響に関する研究結果をまとめたもので、7章から構成されている。</p> <p>第1章は序論で、本研究の背景として、プレス成形性とマクロな材料特性および材料ミクロ組織との関係に関する従来の研究をまとめている。その中で、プレス成形での多軸変形後の板材の表面品位に及ぼす鋼板のミクロ組織の影響に関しては、低炭素鋼の結晶粒径の影響に関する研究のみしか実施されておらず、現在広く外板パネル部品に用いられている極低炭素（IF：Interstitial Free）鋼においては知見がないことを詳述し、本研究の意義と目的について述べている。</p> <p>第2章では、2軸引張変形状態におけるミクロ組織変化のその場観察技術を確立することを目的とし、まず、その観察に用いる十字試験片の形状を有限要素法（FEM）による数値解析により設計している。また、SEMの真空チャンバー内で2軸引張が可能な小型試験装置を製作し、等2軸引張変形時のミクロ組織変化のその場観察を行っている。さらに、IF鋼の等2軸引張変形時の表面荒れの発生が特定の結晶方位を持つ結晶粒の変形に関係していることを明らかにしている。</p> <p>第3章では、多軸変形時の加工硬化のメカニズム解明を目的とし、第2章で開発したその場観察技術を用いて、塑性変形時のミクロ組織変化と加工硬化挙動の関係を実験的に調査している。単軸引張と等2軸引張での加工硬化挙動の材料間の差異と、ミクロスケールでの不均一変形の発生の有無との対応から、ミクロ組織での不均一な変形が、マクロスケールでの加工硬化挙動へ影響することを明らかにしている。</p> <p>第4章では、IF鋼の等2軸引張下における表面荒れ発達へのミクロ組織による影響を解明することを目的とし、等2軸引張変形時の表面荒れ発達挙動を実験的に調査している。その結果、結晶粒径だけでなく、鋼板のミクロ結晶方位も等2軸引張変形での表面荒れ発達に対して大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。また、{001}近傍方位を持つ結晶粒の存在部と等2軸引張変形後の表面の凹部との間の対応関係を明らかにし、{001}近傍方位を持つ結晶粒が多いほど、表面荒れに対応するパラメータである算術平均うねり <math>W_a</math> が発達しやすくなることを明らかにしている。</p> <p>第5章では、IF鋼板の表面荒れ発達挙動の変形様式依存性へのミクロ組織の影響を解明することを目的とし、種々のひずみ比におけるプレス成形時の表面荒れ発達挙動を詳細に調査している。その結果、IF鋼の場合、表面荒れは等2軸引張よりも平面ひずみ引張変形で急激に</p>			

発達することを明らかにしている。この原因は、平面ひずみ引張において等 2 軸引張よりも結晶粒間の変形抵抗差が大きいためであることを、結晶方位解析および結晶塑性 FEM 解析を用いて説明し、結晶方位差に起因する結晶粒間の変形抵抗の差が表面荒れの発達に大きな影響を及ぼすことを示している。

第 6 章では、第 3 章から第 5 章で得られた耐表面荒れ特性に影響を及ぼす材料因子を分離して検討している。また、加工時の耐表面荒れ性に優れた高強度鋼のマイクロ組織の設計指針とそのマイクロ組織実現のための IF 鋼板の焼鈍条件について検討し、実際に製造した提案材料の優位性を実験により検証している。最後に、{001} 方位を低減できる焼鈍条件で IF 鋼板を作成し、結晶粒微細化と {001} 方位低減の両立により、リン(P)添加高強度鋼においても、表面粗さの発達も抑制され、プレス成形時の耐表面荒れ性に優れた鋼板を実現できることを示している。

以上により、高成形性、高強度かつ高意匠なパネル部品を実現するため、成形性に優れる極低炭素鋼板において、成形後の表面品位を向上させる材料設計指針を具体的に提案している。

第 7 章は結論であり、第 1 章から第 6 章を要約して結論を述べている。本研究によって、これまで課題となっていたプレス成形後の金属材料の表面品位が担保されることで、外板パネル部材のさらなる高強度化・軽量化が実現でき、地球温暖化対策への貢献が期待されることを述べている。

(論文審査の結果の要旨)

近年の自動車分野では、省エネルギー、環境対策として重要な自動車軽量化と安全性能、乗り心地や意匠性などの商品性能の両立が要求されている。外板部品においては、薄肉・軽量化と同時に、表面品位の向上をも両立させる必要がある。特に、外板部品に広く適用されている極低炭素(IF)鋼においても、プレス成形時の表面荒れの発達は、克服すべき課題の一つである。外板部品のプレス成形品のさらなる表面品位向上に関し、以下の観点での検討が必要である。

- 1) プレス成形で生じる多軸変形下でのマイクロ組織および表面状態変化の観察技術の確立
- 2) 外板用鋼板の成形時の表面荒れ発達に及ぼす、材料因子と成形因子の影響の解明
- 3) 表面荒れ発達を抑制するための材料設計指針とその実現方法の検討

本論文ではこれらを解決するために、まず、プレス成形での鋼板の変形挙動を詳細に調査する手段として、これまで単軸引張でしか実現できていなかったマイクロ組織のその場観察手法を拡張し、新たに2軸引張時のマイクロ組織変化のその場観察技術を開発した。つぎに、開発したその場観察技術とマクロスケールのプレス成形試験を組み合わせ、鋼板のプレス成形時の表面荒れ発達に及ぼす、マイクロ結晶組織とその変化による影響を調査した。さらに、耐表面荒れ性に優れる新たな材料の設計指針とその実現方法を提案した。得られた主な成果は以下のとおりである。

- 1) 均一かつプレスが多軸変形での大ひずみを実現できる小型十字試験片と、SEMの真空チャンバー内で駆動する小型2軸引張試験装置の開発により、2軸引張時のその場SEM/EBSD観察技術を確立した。
- 2) 極低炭素鋼の表面荒れの発達において、従来報告されてきた結晶粒径のみならず、結晶方位の影響が大きく、{001}近傍方位を持つ結晶粒が多い材料ほど表面荒れが増大することを明らかにした。また、結晶粒間の変形抵抗差が大きくなる平面ひずみ引張において表面荒れの発達が顕著であることを明らかにした。
- 3) 加工時の耐表面荒れ性向上のために、鋼板の再結晶温度直上での短時間熱処理によって、{001}近傍方位の低減した材料を実現した。さらに、その材料の加工時の表面荒れ発達を調査し、プレス成形時の耐表面荒れ性に優れる高強度鋼板が実現できることを検証した。

以上により、プレス成形後の表面品位を担保できる高強度鋼板の設計指針が得られた。また、本論文で得られた成果は、種々の材料の多軸変形での観察に適用することにより、ステンレス鋼板やアルミニウム合金板などの外装用の薄板材料プレス加工への応用などが期待され、学術上、実用上寄与するところは大きい。

よって、本論文は博士(エネルギー科学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年8月28日に実施した論文内容とそれに関した試問の結果、合格と認めた。

論文内容の要旨及び審査の結果の要旨は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。特許申請、雑誌掲載等の関係により、学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 平成 年 月 日以降